

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 1)

(11) 特許番号

特許第3024968号
(P3024968)

(45) 発行日 平成12年3月27日 (2000.3.27)

(24) 登録日 平成12年1月21日 (2000.1.21)

(51) Int.Cl.

識別記号

F I

G 0 6 F 17/50

G 0 6 F 15/60

6 2 6 G

G 0 6 T 17/40

15/62

3 5 0 K

請求項の数 8 (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平10-371575

(22) 出願日 平成10年12月25日 (1998.12.25)

審査請求日 平成10年12月25日 (1998.12.25)

(73) 特許権者 000000974

川崎重工業株式会社

兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番
1号

(72) 発明者 黒崎 泰充

兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工
業株式会社 明石工場内

(72) 発明者 和田 多加夫

兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工
業株式会社 明石工場内

(72) 発明者 宮本 裕一

兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工
業株式会社 明石工場内

(74) 代理人 100075557

弁理士 西教 圭一郎 (外3名)

審査官 田中 幸雄

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 模擬加工方法および装置

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 操作者が、その操作者の一方の手でモデル5を把持し、他方の手で細長い模擬加工工具6を把持し、

モデル5に第1センサS1が固定され、

第1センサS1によって、実空間の座標系におけるモデル5の位置および姿勢を検出し、

模擬加工工具6には、第2センサS2が固定され、

第2センサS2によって実空間の前記座標系における模擬加工工具6および先端部8の位置および姿勢を検出し、

模擬加工工具6の先端部8と、被加工物のモデル5とを、接触し、

模擬加工工具6には、先端部8のモデル5への接触圧力Fを検出する第3センサS3が取付けられ、

2

表示手段2の2次元表示面3に、第1センサS1によって検出されたモデル5の位置および姿勢に基づき、操作者から見たモデル5に対応する3次元被加工物の立体視画像4を表示し、

第2センサS2によって検出された模擬加工工具6の位置および姿勢に基づき、操作者から見た模擬加工工具6の画像18を、前記2次元表示面3に表示し、さらに第2センサS2の出力に基づき、模擬加工工具6の先端部8の位置および姿勢を検出し、

第3センサS3によって検出される圧力Fが予め定めるしきい値F1以上であるとき、先端部8の前記検出された位置および姿勢に基づき、模擬加工工具6の先端部8が接触したモデル5の位置近傍に対応する被加工物の前記立体視画像4の部分で、第3センサS3によって検出される圧力Fが予め定めるしきい値F1以上である時間

の経過に伴って、変形してゆき、
この変形量の時間変化率は、前記圧力Fに対応することを特徴とする模擬加工方法。

【請求項2】 モデルの形状と画像で表示される被加工物の形状とは、類似していることを特徴とする請求項1記載の模擬加工方法。

【請求項3】 モデルの形状と表示面3に表示される被加工物前記立体視画像の形状とが異なっていることを特徴とする請求項1記載の模擬加工方法。

【請求項4】 表示面3に画像で表示される被加工物前記立体視画像の表面を複数の領域に分割し、

各領域毎に選択的に、共通のモデルを対応させ、
モデルの表面上の位置と、選択された領域内の位置とを、予め対応しておき、

モデルの表面上の位置に対応する画像の領域の位置を変形することを特徴とする請求項1記載の模擬加工方法。

【請求項5】 模擬加工されるべき被加工物の外形の3次元データをストアするメモリと、

操作者が、その操作者の一方の手で把持する被加工物のモデル5に固定され、実空間の座標系におけるモデル5の位置および姿勢を検出する第1センサS1と、

操作者が、その操作者の他方の手で把持する細長い模擬加工工具6に固定され、実空間の前記座標系における模擬加工工具6およびその模擬加工工具6の先端部8の位置および姿勢を検出する第2センサS2と、

模擬加工工具6の先端部8のモデル5への接触圧力Fを検出する第3センサS3と、

2次元表示面3を有し、第1および第2センサS1、S2の出力に応答し、第1センサS1によって検出されたモデル5の位置および姿勢に基づき、操作者から見たモデル5に対応する3次元被加工物の立体視画像4を表示し、第2センサS2によって検出された模擬加工工具6の位置および姿勢に基づき、操作者から見た模擬加工工具6の画像18を、前記2次元表示面3に表示する表示手段2と、

第3センサS3の出力に応答し、第3センサS3によって検出される圧力Fが、予め定めるしきい値F1以上であるかどうかを判断する判断手段と、

第2および第3センサS2、S3と判断手段との出力に応答し、検出される圧力Fが前記しきい値F1以上であるとき、先端部8の前記検出された位置および姿勢に基づき、模擬加工工具6の先端部8が接触したモデル5の位置近傍に対応する被加工物の表示手段によって表示される立体視画像4の部分を、第3センサS3によって検出される圧力Fが予め定めるしきい値F1以上である時間の経過に伴って、変形してゆき、この変形量の時間変化率は前記圧力Fに対応する画像データ補正手段とを含むことを特徴とする模擬加工装置。

【請求項6】 凹んでゆく方向または隆起してゆく方向のいずれかの変形方向を設定する変形方向設定手段をさ

らに含み、

画像データ補正手段は、変形方向設定手段の出力に応答して、前記接触した部分のメモリにストアされているデータを、画像が凹んでゆくように、または隆起してゆくように、補正することを特徴とする請求項5記載の模擬加工装置。

【請求項7】 画像データ補正手段は、
画像で表示される被加工物の表面を、複数の領域に分割し、

各領域毎に選択的に、モデルを対応させ、モデルの表面上の位置と、選択された領域内の位置とを、予め対応しておき、モデルの表面上の位置に対応する画像の領域の位置を変形することを特徴とする請求項5または6に記載の模擬加工装置。

【請求項8】 画像データ補正手段は、表示手段によって表示される被加工物の画像の少なくとも一部分の領域に、テクスチャを選択的に貼付けることを特徴とする請求項5～7のうちの1つに記載の模擬加工装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、いわゆるコンピュータグラフィックス（略称CG）技術を適用して模擬加工工具を用いて操作者が被加工物体に造形を施し、3次元的にリアルタイムに視覚に訴える形で表示することができる、いわゆるバーチャル造形を行う模擬加工方法および装置に関する。

【0002】

【従来の技術】2次元表示面に、3次元被加工物の立体視画像を表示し、このような仮想上のグラフィック空間内に表示された物体に対して、対話的に形状デザインを行うバーチャルデザインシステムが実現されている。表示面に表示される物体の形状の変形操作において、実世界での加工操作に近い手応えを操作者に提供することができることが要求されてきている。典型的な先行技術では、手応えの操作感覚を発生するために、複雑な構成を有するリンク機構が用いられる。操作者が把持する模擬加工工具には、リンク機構が連結され、操作感覚を発生する。この先行技術では、被加工物の模擬物体であるモデルが固定的であり、現実感が乏しい。先行技術としては、たとえば特開平2-227777および本件出願人による特開平10-20914などが挙げられる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、操作者が把持した模擬加工工具に、手応えの操作感覚を発生して与え、しかも高い現実感を与えることができるようにした模擬加工方法および装置を提供することである。

【0004】

【課題を解決するための手段】本発明は、操作者が、その操作者の一方の手でモデル5を把持し、他方の手で細長い模擬加工工具6を把持し、モデル5に第1センサS

1が固定され、第1センサS1によって、実空間の座標系におけるモデル5の位置および姿勢を検出し、模擬加工工具6には、第2センサS2が固定され、第2センサS2によって実空間の前記座標系における模擬加工工具6および先端部8の位置および姿勢を検出し、模擬加工工具6の先端部8と、被加工物のモデル5とを、接触し、模擬加工工具6には、先端部8のモデル5への接触圧力Fを検出する第3センサS3が取付けられ、表示手段2の2次元表示面3に、第1センサS1によって検出されたモデル5の位置および姿勢に基づき、操作者から見たモデル5に対応する3次元被加工物の立体視画像4を表示し、第2センサS2によって検出された模擬加工工具6の位置および姿勢に基づき、操作者から見た模擬加工工具6の画像18を、前記2次元表示面3に表示し、さらに第2センサS2の出力に基づき、模擬加工工具6の先端部8の位置および姿勢を検出し、第3センサS3によって検出される圧力Fが予め定めるしきい値F1以上であるとき、先端部8の前記検出された位置および姿勢に基づき、模擬加工工具6の先端部8が接触したモデル5の位置近傍に対応する被加工物の前記立体視画像4の部分を、第3センサS3によって検出される圧力Fが予め定めるしきい値F1以上である時間の経過に伴って、変形してゆき、この変形量の時間変化率は、前記圧力Fに対応することを特徴とする模擬加工方法である。

【0005】本発明に従えば、液晶または陰極線管などの2次元表示面に、3次元被加工物体の立体視画像を表示し、操作者は、一方の手で、操作用模擬物体であるモデルを把持し、他方の手で細長い模擬加工工具を把持し、模擬加工工具の先端部8とモデルとを接触する。操作者がモデルと模擬加工工具とを上述のように把持して相対的に移動する。

【0006】モデルと模擬加工工具との実空間での位置および姿勢を、第1および第2センサS1、S2によってそれぞれ検出し、これによって表示手段の表示面に表示される画像の接触した部分を変形するように補正して、表示する。模擬加工工具のモデルへの接触の圧力もまた、第3センサS3によって検出され、この検出された圧力に対応して、前記接触した部分の変形量の時間変化率が設定される。操作者が模擬加工工具をモデルに比較的大きな圧力で接触したとき、変形量の時間変化率が大きく設定され、短時間で大きな変形量が得られる。これとは逆に、接触の圧力が小さいとき、変形量の時間変化率は小さく、画像の前記接触した部分の変形が、ゆっくりと行われる。模擬加工工具は、たとえば回転砥石またはドリルを備える構成を模擬した外形が鉛筆状に形成されたものであってもよい。この加工というのは切削、変形、付加などを全て含む。こうして立体視されている画像の模擬加工工具が接触した部分を、実際と同じように変形して、その加工工具の画像に補正して、表示が行わ

れる。操作者には、実世界での加工操作に近い手応えの操作感覚を与え、高い現実感を達成することができる。変形量とは、深さ、高さまたは体積であってよい。

【0007】

【0008】本発明に従えば、操作者はモデルを把持し、そのモデルの姿勢を検出する。こうしてモデルの位置と姿勢とを検出することによって、表示面には、操作者から見たモデルの表面に対応する被加工物体の形状を、立体視画像で表示することができる。したがって操作性がさらに向上される。操作者は、たとえば一方の手で模擬加工工具を把持し、他方の手でモデルを把持して、バーチャル造形を行うことができ、したがって高い現実感を達成することができる。

【0009】

【0010】

【0011】また本発明は、モデルの形状と画像で表示される被加工物の形状とは、類似していることを特徴とする。

【0012】本発明に従えば、後述の図2に示されるように、モデルと画像の被加工物体とはほぼ同一であって、すなわち類似しており、したがって操作者は、現実に近い手応えを正確に得ることができるようになる。

【0013】また本発明は、モデルの形状と画像で表示される被加工物の形状とが異なっていることを特徴とする。

【0014】本発明に従えば、図10に関連して後述されるように、たとえば模擬加工工具を用いて変形された表示面上の画像が、初期の元の形状とは大きく変化したときであっても、同一のモデルを用いて、実世界での加工操作に近い手応えの操作感覚を発生することが正確に可能になる。

【0015】また本発明は、表示面3に画像で表示される被加工物前記立体視画像の表面を複数の領域に分割し、各領域毎に選択的に、共通のモデルに対応させ、モデルの表面上の位置と、選択された領域内の位置とを、予め対応しておき、モデルの表面上の位置に対応する画像の領域の位置を変形することを特徴とする。

【0016】本発明に従えば、図12に関連して後述されるように、たとえば画像で表示される被加工物である物体の形状が、モデルに比べて大きいとき、その被加工物の表面を、たとえば樹目状に、すなわち正方形などの矩形の複数の領域に分割し、各分割した領域を選択して、前記各領域に類似した形状、たとえば矩形の板状のモデルに対応させる。さらにモデルの表面上の位置と、画像の選択された領域内の位置とを予め対応しておく。模擬加工工具をモデルの表面上の希望する位置に接触することによって、その接触した位置に対応する前記領域の位置を変形する。こうしてモデルを、被加工物の画像の複数の分割された各領域に選択的に対応して、手応えの操作感覚を操作者に与えることができる。

【0017】また本発明は、模擬加工されるべき被加工物の外形の3次元データをストアするメモリと、操作者が、その操作者の一方の手で把持する被加工物のモデル5に固定され、実空間の座標系におけるモデル5の位置および姿勢を検出する第1センサS1と、操作者が、その操作者の他方の手で把持する細長い模擬加工工具6に固定され、実空間の前記座標系における模擬加工工具6およびその模擬加工工具6の先端部8の位置および姿勢を検出する第2センサS2と、模擬加工工具6の先端部8のモデル5への接触圧力Fを検出する第3センサS3と、2次元表示面3を有し、第1および第2センサS1、S2の出力にตอบสนองし、第1センサS1によって検出されたモデル5の位置および姿勢に基づき、操作者から見たモデル5に対応する3次元被加工物の立体視画像4を表示し、第2センサS2によって検出された模擬加工工具6の位置および姿勢に基づき、操作者から見た模擬加工工具6の画像18を、前記2次元表示面3に表示する表示手段2と、第3センサS3の出力にตอบสนองし、第3センサS3によって検出される圧力Fが、予め定めるとき、先端部8の前記検出された位置および姿勢に基づき、模擬加工工具6の先端部8が接触したモデル5の位置近傍に対応する被加工物の表示手段によって表示される立体視画像4の部分を、第3センサS3によって検出される圧力Fが予め定めるとき、この変形量の時間変化率は前記圧力Fに対応する画像データ補正手段とを含むことを特徴とする模擬加工装置である。

【0018】本発明に従えば、第1センサS1によって操作者が把持したモデルの位置とそのモデルの姿勢とを検出し、これによって表示手段では、2次元表示面に、操作者側から見た被加工物の形状の立体視画像を表示する。第2センサS2によって、操作者が把持した模擬加工工具のモデルに接触した位置および姿勢を検出し、さらにその接触圧力を第3センサS3によって検出し、こうして被加工物の画像の前記接触した部分を、変形する。その変形量の時間変化率は、圧力に対応して定められ、画像データを補正する。こうしてモデルを操作者が把持してそのモデルの位置および姿勢を変化しつつ、模擬加工工具で被加工物の画像を変形することができる。

【0019】

【0020】本発明に従えば、第2センサS2は、模擬加工工具のモデルに接触した位置を検出するだけでなく、その模擬加工工具の姿勢をも検出し、その模擬加工工具が、たとえば回転砥石またはドリルなどのような細長いたとえば鉛筆状の構成を有するとき、模擬加工工具の姿勢に対応して、被加工物の画像の変形する方向を、定めることができるようになる。これによってさらに、

実世界での加工操作に近似した高い現実感を達成することができる。

【0021】また本発明は、凹んでゆく方向または隆起してゆく方向のいずれかの変形方向を設定する手段をさらに含み、画像データ補正手段は、変形方向設定手段の出力にตอบสนองして、前記接触した部分のメモリにストアされているデータを、画像が凹んでゆくように、または隆起してゆくように、補正することを特徴とする。

【0022】本発明に従えば、被加工物の画像を、模擬加工工具によって凹ませてゆき、または隆起してゆくように、変形することができる。これによって3次元形状デザインがきわめて容易になる。特に被加工物体を部分的に隆起してゆくことが仮想上可能であり、モデルの改変が容易である。

【0023】

【0024】

【0025】また本発明は、画像データ補正手段は、画像で表示される被加工物の表面を、複数の領域に分割し、各領域毎に選択的に、モデルに対応させ、モデルの表面上の位置と、選択された領域内の位置とを、予め対応しておき、モデルの表面上の位置に対応する画像の領域の位置を変形することを特徴とする。

【0026】本発明に従えば、請求項4に関連して述べたように、被加工物が大きいとき、その被加工物の表面を複数の領域に分割し、その分割された各領域毎に、モデルに選択的に対応し、モデルの表面上の位置と、選択された領域内の位置とを対応して画像の変形を行うことができる。これによって被加工物を、高精度で変形することができるようになる。

【0027】また本発明は、画像データ補正手段は、表示手段によって表示される被加工物の画像の少なくとも一部分の領域に、テクスチャを選択的に貼付けることを特徴とする。

【0028】本発明に従えば、被加工物の画像の少なくとも一部分の領域に、希望する色彩、模様などを有するテクスチャを選択的に貼付けることができる。これによってテクスチャ貼付けによる被加工物の完成品のイメージを理解することが容易になる。したがって模擬加工工具を用いて被加工物を加工する作業を、完成品のイメージを持ちながら、容易に行うことができるようになる。

【0029】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の実施の一形態の全体の構成を示す斜視図である。パーソナルコンピュータなどの処理装置1に備えられている液晶または陰極線管などによって実現される表示手段2の2次元表示面3によって、図1の手前にいる操作者のために、3次元被加工物の立体視画像4が表示される。操作者は、一方の手によって操作対象物であるモデル5を把持し、他方の手で細長い模擬加工工具6を把持する。モデル5は、たとえば製靴業における靴木型であって、人の足骨格を

基本にして作成されるので、その形状変形を繰返しても、モデル5と被加工物の画像4との各形状は同一または類似しており、その形状差異は大きくことなることなく、いわゆる相似関係を保ち続ける。実空間において、xyz直交座標系が設定され、これに応じて表示面3に画像4が表示される。

【0030】モデル5の前記座標系における位置および姿勢を検出するために、センサS1と発振器7とが設けられる。センサS1は、モデル5に固定される。発振器7は、固定位置に設けられる。センサS1は、第1検出手段を構成する。さらに模擬加工工具6には、センサS2が固定され、発振器7とともに第2検出手段を構成し、模擬加工工具6の位置および姿勢、したがってその模擬加工工具6のモデル5に接触する先端部8の前記座標系における位置および姿勢を検出する。センサS1、S2は、発振器7によって発生される交流磁界内に存在し、その交流磁界の強さおよび方向に基づいて、前述のように位置および姿勢を検出することができる。

【0031】センサS1、S2および発振器7によってモデル5および模擬加工工具6の位置および姿勢を検出する構成によれば、前述の先行技術における模擬加工工具をリンク機構に連結する構成に比べて、構成を簡略化することができ、安価であり、また操作許容範囲を広くすることができ、操作者の動きの自由度が広くなり、さらに作業中、上腕部を浮かせた状態とすることがなく作業を行うことができ、肉体的疲労を軽減することができる。さらにモデル5および模擬加工工具6を自由に移動することができ、操作性が良好である。すなわち上述の実施の形態では、作業中、上腕部を浮かせた状態とすることがなく、作業時の作業者の負担を軽減することができる。前述の先行技術では、模擬加工工具がリンク機構に連結されているので、操作者は、手先を拘束されてしまい、その結果、上腕部に過負荷をかけていることになる。本発明の上述の実施の形態によれば、このような先行技術の問題を解決することができ、上述のように作業時の作業者の負担を軽減することができる。

【0032】センサS2によって、模擬加工工具6の位置と姿勢を検出することができるので、この模擬加工工具6が細長い形状であるとき、先端部8、したがってその先端部8とモデル5との3次元の位置を検出することができ、さらに模擬加工工具6の軸線が、モデル5の接触する部分の位置における姿勢を演算し、またモデル5の姿勢をセンサS1で演算することによって、モデル5を、模擬加工工具6の軸線方向に、凹んで変形し、または隆起して変形することができる。

【0033】

【0034】模擬加工工具6にはまた、圧力検出手段を構成する力センサS3が取付けられる。この力センサS3によって、先端部8が接触した部分10における接触の圧力を検出することができる。模擬加工工具にはま

た、変形方向設定スイッチ11が設けられ、画像4の凹んだ方向または隆起する方向のいずれかを設定することができる。

【0035】図2は、モデル5と表示画面3における被加工物の3次元立体視画像4とを示す斜視図である。モデル5の表面上の各位置12は、画像4で表示される被加工物の位置13とが、予め対応して設定される。このような相似型操作対象モデル5では、画像4の骨格形状が、変形操作の過程を通して、ほぼ不変であり、したがって画像4の初期形状に相似な、すなわち類似した形状を有するモデル5を予め準備しておく。画像4全体を、モデル5で模擬することができるので、上述のように画像4の任意点13は、1対1に対応するモデル5の点12に対応付けられる。したがって操作者は、直感的に、モデル5と模擬加工工具6とを用いて、画像4の形状変形操作を行うことができる。

【0036】図3は、処理装置1の電氣的構成を示すブロック図である。マイクロコンピュータなどによって実現される処理回路14には、センサS1～S3および変形方向設定スイッチ11からの出力が与えられ、またキーボードなどの入力手段15の変形設定スイッチ19および選択スイッチ30からの出力がそれぞれ与えられる。処理回路14は、表示手段2に、前述のように被加工物の画像4を表示させるとともに、フロッピディスクなどの携帯可能な記録媒体16に、読出し／書込み手段17に、表示面3に表示される被加工物の完成後の画像を出力させ、または被加工物の初期画像を記録した記録媒体16のデータを読み出して受信することができる。

【0037】図4は、図3に示される処理回路14の動作を説明するためのフローチャートである。ステップa1からステップa2に移り、表示モードを実行する。表示面3に表示されたグラフィック空間内の被加工物の画像4の3次元形状変形操作を、この同一グラフィック空間内の加工工具の画像18によって行うために、実空間内におけるセンサS1を取付けた操作対象モデル5に対して、センサS2および力センサS3を取付けた模擬加工工具6を用いて、操作する。センサS1によって、モデル5の位置および姿勢が検出され、表示面3に画像4が表示される。センサS2によって、模擬加工工具6の位置および姿勢が検出され、表示面3に画像18が表示される。

【0038】モデル5と模擬加工工具6の先端部8との接触状況に応じて発生する圧力は、力センサS3によって検出される。この検出された圧力に対応して、画像4の前記接触した部分の被加工面の形状が変形する。センサS1、S2によって、モデル5および模擬加工工具6の位置および姿勢が上述のように検出されるので、表示面3の画像4、18は、操作者がモデル5および模擬加工工具6を見た状態で表示される。

【0039】このステップa2における表示モードで

11

は、画像4の表面に、希望するテクスチャ画像を貼付けることができる。テクスチャとは、画像4によって表示される被加工物の表面の質感、色彩および模様などの任意な画像を、グラフィック空間内における被加工物の表面に、部分的に、または全体にわたって貼付けて表示することである。これによって被加工物の完成品のイメージを、操作者に容易に理解させることができるようになる。

【0040】ステップa3では、力センサS3の出力によって、模擬加工工具6の先端部8がモデル5に接触する圧力を検出する。その検出した圧力Fが、予め定めるしきい値F1以上であるかどうかを判断する。検出された力Fが、しきい値F1以上であるとき ($F \geq F1$)、次のステップa4に移り、形状変形モードを実行する。

【0041】図5は、力センサS3の動作を説明するための図である。力センサS3は、模擬加工工具6の先端部8がモデル5に接触した圧力に正比例したレベルを有する電気信号を導出する。検出された圧力Fが、しきい値F1未満では ($F < F1$)、ステップa2において表示モードを実行する。検出した力Fが、しきい値F1以上であるとき、前述のようにステップa4において形状変形モードを実行する。力センサS3によって検出される圧力Fが前記しきい値F1以上であるとき、先端部8の検出された位置および姿勢に基づき、模擬加工工具6の先端部8が接触したモデル5の位置近傍に対応する非加工物の立体視画像4の部分、その力センサS3によって検出される圧力Fがしきい値F1以上である時間の経過に伴って、後述のように変形してゆく。このしきい値

$$v = k1 \cdot F + c$$

ここで、k1、cは、定数である。

【0046】変形量は、変形方向設定スイッチ11によって設定された変形方向が、正であって、切削などによって凹んでゆく方向を設定することができ、または変形方向が負であって、肉盛りして隆起してゆく方向を切換えて設定することができる。

【0047】図6のステップb4では、ステップb2で求められた変形位置で、ステップb3で求められた変形量で、画像4を変形して、表示面3に立体視表示する。ステップb2において求められた変形位置の近傍では、変形設定スイッチ19によって、たとえば図8(1)の参照符20で示されるように滑らかな凸曲面を有する形状で変形量を計算して変形表示してもよく、または図8(2)の参照符21で示されるように、鋭利な変形形状で、たとえば円錐台状に、変形量を計算して変形表示してもよい。

【0048】本発明の実施の他の形態では、模擬加工工具6はナイフであり、このナイフによってモデル5を削り取る加工時の画像4の変形を行うようにすることもまた、可能である。

【0049】図9は、模擬加工工具6を用いてモデル5

12

* 値F1は、入力手段15によって調整することができ、これによって指の力の強い人および弱い人などの個人差に応じて、模擬加工工具6の操作性を向上して、形状変形モードを実行させることができる。

【0042】図6は、処理回路14によって実行される図4のステップa4に示される形状変形モードの具体的な動作を説明するためのフローチャートである。ステップb1からステップb2に移り、センサS1、S2によってそれぞれ検出したモデル5および模擬加工工具6の位置および姿勢から、グラフィック空間上の画像4の変形位置を計算して求める。図2に関連して前述した相似型操作対象モデル5では、モデル5の形状と画像4で表示される被加工物の形状とは、同一または類似しており、各位置12、13が予め対応付けられている。このようなモデル5と画像4の各位置の対応付けに関する本発明の実施の他の形態は、図10～図13に関連して、さらに後述される。

【0043】ステップb3では、画像4の変形量を計算して求める。力センサS3によって検出される接触する部分の圧力に対応して、変形量の時間変化率が変化する。

【0044】図7は、被加工物の画像4の力センサS3によって検出される接触圧力Fに対応した変形量の時間変化率vを示す図である。圧力Fが、図5に関連して説明したしきい値F1であるとき、変形量の時間変化率v1は比較的小さい値である。圧力Fが大きくなるにつれて、変形量の時間変化率vは、1次関数で変化する。

【0045】

…(1)

30 を変形加工する状態を説明するための簡略化した斜視図である。模擬加工工具6の先端部8は、モデル5の位置12に接触したとき、その力センサS3によって検出される力に対応した変形量の時間変化率vで、厚みが一定である薄板22が、順次的に削除され、または肉盛りされるように、画像4が変形される。各板22は、凹んでゆく方向では、深いほど面積が小さく、隆起してゆく方向では頂部に近づくにつれて小さい面積とされる。これによって画像4の変形表示を容易に行うことができる。

40 【0050】図10は、本発明の実施の他の形態のモデル5と表示手段2の表示面3に表示された画像4aとを示す図である。模擬加工工具6を用いて、その先端部8をモデル5の表面上に接触して、画像4aの形状を変形するにあたり、同一モデル5aを用いて、画像4aの骨格形状に至るまで変形させ、かつ画像4aの全体を、モデル5aで表現することができるとき、この操作対象モデル5aを用いる。すなわちモデル5aの形状と画像4aで表示される被加工物の形状とは、形状変形動作の初期においてすでに異なっており、または形状変形動作の初期においてはほぼ同一または類似していても、形状変形動作を実行することによって、モデル5aの形状と

13

画像4aの形状とが異なるに至るとき、このようなモデル5aが用いられ、モデル5aと画像4aとの各形状における位置が予め対応される。モデル5aは、画像4aの変形にかかわらず共通に用いられる汎用性を備えたたとえば凸形モデルであってもよく、または凹形モデルであってもよい。

【0051】モデル5aの表面上の位置24、25は、画像4aの位置26、27にそれぞれ1対1に対応付けられて、処理回路1において、予め設定される。これによって画像4aが形状変形してモデル5aの形状と大きく異なっている、操作者は、模擬加工工具6を操作し、手応え、反力の操作感覚を発生することができる。本発明では、実空間のモデル5と表示面3上の立体視画像4との各対応点の位置について、数学的に厳密な対応関係を必要としない。本発明では操作者は、画面に表示されるモデル4および模擬加工工具18の位置関係を見ながら、手で抱えているモデル5および模擬加工工具6を相対移動させ、ほぼ対応する位置で模擬加工工具6をモデル5に押付けることによって加工操作を実行する。このとき、モデル5を回転させれば、センサS1によって姿勢変化が検出され、画面上の立体視画像4も対応して回転する。

【0052】図11は、図10に示される操作用対象モデル5aを用いるときにおける処理回路1の動作を説明するためのフローチャートである。ステップc1からステップc2に移り、モデル5aの表面上の点である位置24または25が、スイッチS2の出力によって検出される。ステップc3では、画像4a上の位置26または27を演算し、形状の変形を行う。そのほかの構成と動作は、前述の実施の形態と同様である。

【0053】図12は、本発明の実施の他の形態のモデル5bと表示手段2の表示面3に表示された画像4bとを示す図である。この実施の形態では、デザイン対象である被加工物の画像4bが、モデル5aに比べて実際には非常に大きいときを想定している。画像4bで表示される被加工物の表面は、柵目状のたとえば矩形の複数の領域29に切り分けて分割される。選択手段30は、画像4bにおける複数の領域のうちの1つの領域29を選択する。これによって選択された領域29は、モデル5bの表面に対応する。こうしてグラフィック空間の画像4b上で選択された単一の領域29は、部分型操作用対象モデル5bに対応付けられる。このモデル5bは、複数の領域29に共通に用いられ、この実施の形態では、モデル5bは板状であり、汎用性を備える。

【0054】図13は、図12に示される部分型操作用対象モデル5bを用いて画像4bを変形する動作を説明するための処理回路1の動作を示すフローチャートである。ステップd1からステップd2に移り、選択手段30によって、画像4bの複数の分割された領域のうちの1つの領域29が選択される。この選択された領域29

14

は、モデル5bに対応する。モデル5b上の位置32は、画像4bの1つの選択された領域29における点である位置33に1対1で対応付けられる。

【0055】次のステップd3では、模擬加工工具6を用いてモデル5bの表面に接触することによって、モデル5bの位置32を検出し、次のステップd4では、選択された領域29の位置33の形状を変形することができる。こうして画像4bの領域29における位置33を演算して求め、形状の変形動作を行う。ステップd4では一連の動作を終了する。

【0056】図12および図13に示される本発明の実施の形態では、画像4bの領域29の分割する切分けた精度によって、微細領域から大領域にわたって、共通のモデル5bを用いて、画像4bの形状の変形を行うことが可能になる。そのほかの構成と動作は、前述の実施の形態と同様である。

【0057】こうして得られたメモリにストアされている物体の加工後の3次元形状データを用いて、たとえばNC（数値制御）加工装置を動作させて、希望する実際の形状を有する模型などの完成品の物体を製作することができる。加工後の3次元データは、記録媒体16にストアされる。

【0058】本発明の実施の他の形態では、モデル5、5a、5bの位置と姿勢を検出するため、および模擬加工工具6の位置と姿勢を検出するために、前述のセンサS1、S2と発振器7との組合せを用いる構成だけでなく、そのほかの構成を用いるようにしてもよい。力センサS3は、たとえば歪ゲージなどによって実現されてもよい。

【0059】本発明によれば、画像データ補正手段によって変形して得られた被加工物の完成品の3次元立体画像データを、たとえばフロッピーディスクなどの携帯形のメモリに転送してストアし、このメモリを、たとえばNC（数値制御）機械装置に装着して、完成品を自動的に製造することができる。

【0060】本発明ではさらに、この2次元表示面に表示されたグラフィック画像の3次元被加工物に、テクスチャを貼付ける操作を行い、すなわち被加工物の表面の希望する領域で色、模様などを貼付けることができる。これによって完成品の完成イメージを容易に実現することができ、商品の造形設計がさらに容易になる。

【0061】

【発明の効果】請求項1の本発明によれば、2次元表示面に、3次元被加工物の立体視画像を表示し、操作者は、模擬加工工具をモデルに接触し、これによって画像の被加工物を変形し、その接触の圧力に対応した変形量の時間変化率で画像を変形することができるので、グラフィック空間内に表示された3次元被加工物に対して、対話的に形状デザインを行うバーチャルデザインが可能になり、しかも実世界での加工操作に近い手応えを操作

者に提供することができ、高い現実感を達成することができる。しかも本発明によれば、モデルは、固定位置に設けられていてもよいけれども、操作者が把持して変位してもよく、これによって形状デザインがさらに容易になる。

【0062】このようにして3次元被加工物の画像の変形操作において、操作用のモデルと、模擬加工工具とを用いることによって、前述のように高い現実感を伴いつつ、精度の高い形状変形操作が、比較的簡単な構成で安価に実現される。したがって従来から、粘土モデルおよび木製モデルを用いて形状デザインを行っていた分野において、本発明の3次元形状デザインの展開が可能になる。

【0063】操作者がモデルを把持し、そのモデルの位置と姿勢を検出することによって、操作者から見た被加工物の立体視の形状を、表示面に画像で表示することができ、したがって操作者に高い現実感を与えることができる。

【0064】

【0065】請求項2の本発明によれば、モデルは被加工物の形状に類似した形状を有し、また請求項3の本発明によれば、モデルは被加工物の形状とは異なった形状を有しており、いずれのときであっても、モデルの表面上に模擬加工工具を接触し、できるだけ実世界での加工操作に近似した手応えを操作者に与えることができるようになる。

【0066】請求項4の本発明によれば、被加工物がモデルに比べて大きいとき、その被加工物の表面を複数の領域に分割して、選択的にモデルに対応させ、モデルの表面上の位置と、選択された領域内の位置とを対応してモデルの表面上に模擬加工工具を接触し、被加工物の画像の対応する位置を変形することができ、こうして大きい形状を有する被加工物を、高精度で変形することができるようになり、またこのような構成において、実世界での加工操作に近い手応えを操作者に与えることができる。

【0067】請求項5の本発明によれば、第1センサS1によって、操作者が把持したモデルの位置および姿勢を検出し、被加工物の形状を、操作者から見た立体視画像と表示することができ、さらに第2センサS2によって、模擬加工工具がモデルに接触した位置を検出し、さらにその接触圧力を第3センサS3によって検出することによって、前記接触した部分を、圧力に対応した変形量の時間変化率で、変形することができ、これによって高い現実感を伴い、かつ精度の高い形状変形操作を行うことができるようになる。またこのような操作はきわめて簡単である。操作者には、現実に近い手応えおよび反力の操作感覚を与えることが可能である。またこのような構成は簡単であるので故障が少なくなり、低価格で実現することができる。

【0068】さらに本発明によれば、微細加工から大まかな加工にわたって本発明を実施することができる。さらに従来から粘土モデルおよび木製モデルを用いて形状デザインを行っていた技術分野およびそのほかの3次元被加工物の形状変形操作のために、本発明を広範囲に実施することができる。

【0069】模擬加工工具の姿勢を第2センサS2によって検出し、模擬加工工具をモデルに接触したときにおける姿勢に対応して、被加工物の変形方向を設定することができ、これによってさらに高い現実感を伴って、被加工物の画像の変形操作を行うことができる。

【0070】請求項6の本発明によれば、被加工物の画像を凹ませてゆくことができ、または隆起してゆくことができ、これによって各種の形状デザインを容易に行うことができるという優れた効果が達成される。

【0071】

【0072】請求項7の本発明によれば、前述の請求項4と同様に、被加工物がモデルに比べて大きいときであっても、できるだけ高い現実感を伴いつつ、精度の高い形状変形操作が可能になり、大きな被加工物であっても、微細加工を容易に施すことが可能になる。

【0073】請求項8の本発明によれば、被加工物の画像の少なくとも一部分の領域に、テクスチャを選択的に貼付けることができるので、テクスチャ貼付けによる被加工物の完成品のイメージを理解することがきわめて容易になり、模擬加工工具による被加工物の変形作業を、現実感を伴って、容易に行うことができるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の一形態の全体の構成を示す斜視図である。

【図2】モデル5と表示画面3における被加工物の3次元立体視画像4とを示す斜視図である。

【図3】処理装置1の電気的構成を示すブロック図である。

【図4】図3に示される処理回路14の動作を説明するためのフローチャートである。

【図5】力センサS3の動作を説明するための図である。

【図6】処理回路14によって実行される図4のステップa4に示される形状変形モードの具体的な動作を説明するためのフローチャートである。

【図7】被加工物の画像4の力センサS3によって検出される接触圧力Fに対応した変形量の時間変化率Vを示す図である。

【図8】変形設定スイッチ19によって設定することができる変形位置における形状を示す簡略化した斜視図である。

【図9】模擬加工工具6を用いてモデル5を変形加工する状態を説明するための簡略化した斜視図である。

【図10】本発明の実施の他の形態のモデル5aと表示

17

手段2の表示面3に表示された画像4 aとを示す図である。

【図11】図10に示される写像型操作対象モデル5 aを用いるときにおける処理回路1の動作を説明するためのフローチャートである。

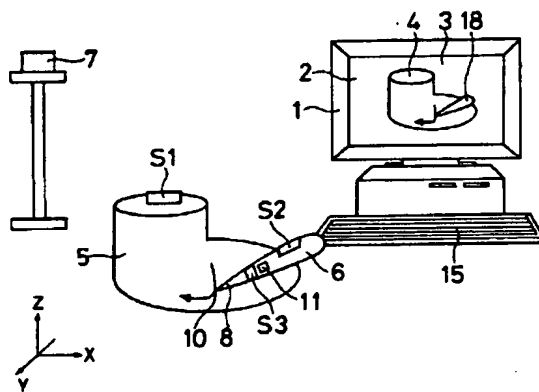
【図12】本発明の実施の他の形態のモデル5 bと表示手段2の表示面3に表示された画像4 bとを示す図である。

【図13】図12に示される部分型操作対象モデル5 bを用いて画像4 bを変形する動作を説明するための処理回路1の動作を示すフローチャートである。

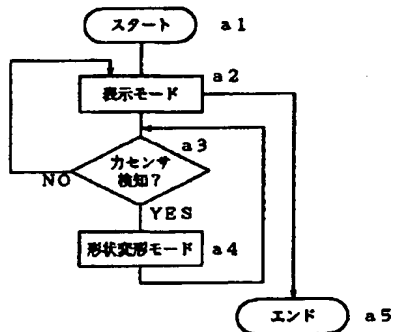
【符号の説明】

- 1 処理装置
- 2 表示手段
- 3 2次元表示面
- 4, 4 a, 4 b 画像
- 5, 5 a, 5 b モデル
- 6 模擬加工工具
- 8 先端部
- 11 変形方向設定スイッチ

【図1】



【図4】



18

- * 14 処理回路
- 15 入力手段
- 16 記録媒体
- 17 読出し/書込み手段
- 29 領域
- S1, S2 センサ
- S3 力センサ

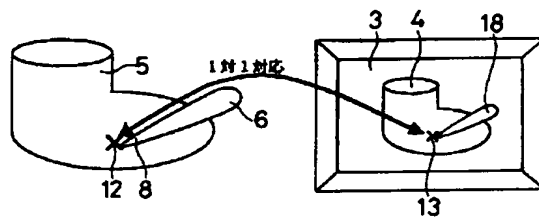
【要約】

【課題】 2次元表示面3に表示された3次元被加工物の画像4を、模擬加工工具6で変形し、この模擬加工工具6の操作時に、実世界での加工操作に近い手応え、反力を操作者に与え、高い現実感を達成すること。

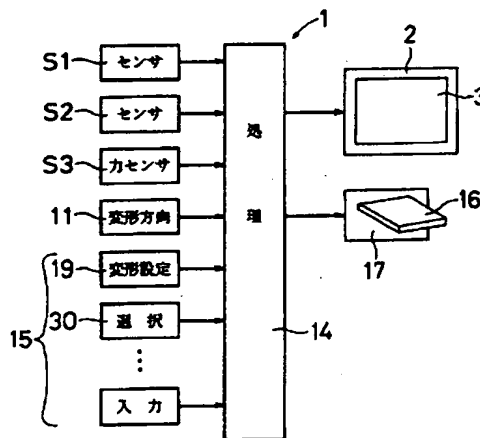
【解決手段】 操作者が一方の手にモデル5を把持し、他方の手に模擬加工工具6を把持し、モデル5の位置および姿勢をセンサS1によって検出し、模擬加工工具6の位置および姿勢をセンサS2によって検出し、さらに模擬加工工具6がモデルに接触した圧力を力センサS3によって検出する。表示面3に表示される画像4の前記接触した部分を変形する。変形量の時間変化率は、圧力に対応する。

* 20 に対応する。

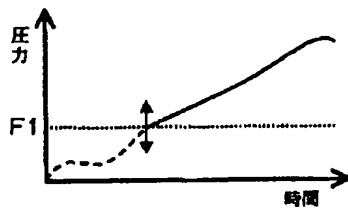
【図2】



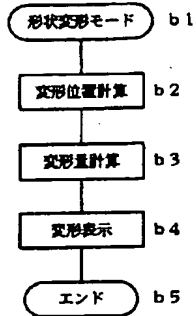
【図3】



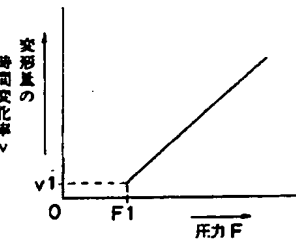
【図5】



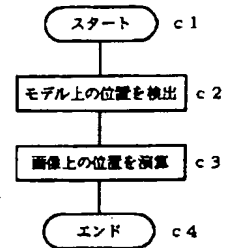
【図6】



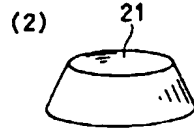
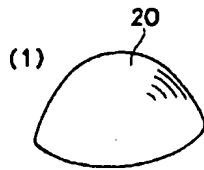
【図7】



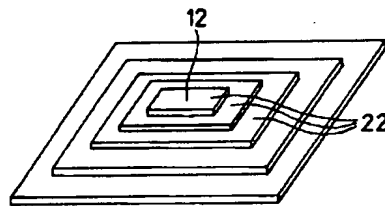
【図11】



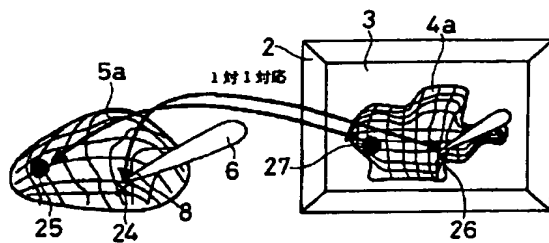
【図8】



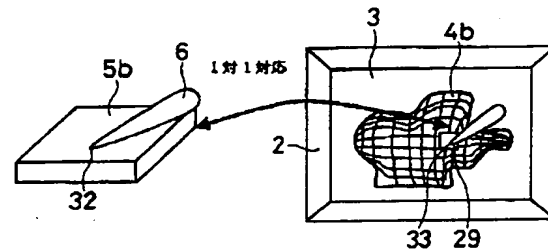
【図9】



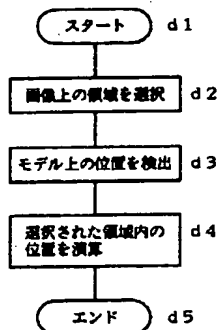
【図10】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

(72)発明者 永松 宣雄
兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社 明石工場内

(72)発明者 武富 杜行
兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社 明石工場内

(72)発明者 松井 健一郎
兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社 明石工場内

(72)発明者 澤井 恒義
兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社 明石工場内

(56)参考文献 映像情報メディア学会技術報告 vol. 21 no. 33 (HIR97-48, NIM97-43) 53-56頁 亀山研一「スタイリングCADシステム」

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)
G06T 17/40
JICSTファイル(JOIS)